

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní**

Ing. Petr Dospiva

INOVATIVNÍ METODY ŘEŠENÍ PORUCH TOKU PŘI VYNÁŠENÍ ZE ZÁSObNÍKU

Autoreferát doktorské disertační práce

Školící pracoviště: Institut dopravy (324), Fakulta strojní
VŠB – TU Ostrava

Školitel: prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

Studijní program: 23 01 V Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301V001-00 Dopravní a manipulační technika

Ostrava 2011

©Petr Dospiva
ISBN 978-80-248-2623-3

Abstrakt

DOSPIVA PETR, Inovativní metody řešení poruch toku při vynášení ze zásobníku, VŠB – TU Ostrava, Institut dopravy, Disertační práce, Školitel: prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

Problematika manipulace se sypkými hmotami se vyskytuje v nejrůznějších odvětvích průmyslu. V technické praxi často dochází k poruchám plynulosti toku dopravované hmoty. Tématem disertační práce je návrh zařízení, které bude minimalizovat tyto nepříznivé jevy. Jedná se o pasivní prvky nových tvarů a aktivní vestavby, které kombinují pasivní prvek s akčním členem. V úvodní části práce jsou shrnuty základní informace o mechanicko-fyzikálních vlastnostech sypkých hmot, popsány napěťové stavy a vysvětleny základní mechanismy toku v zásobnících a silech. Dále je proveden popis a rozbor poruch toku v zásobnících. Následuje popis nově navržených vestaveb pro zkvalitnění toku sypké hmoty v zásobníku.

V experimentální části je doloženo provedení měření na nových vestavbách. Měření bylo provedeno v laboratorních podmínkách a po nezbytných úpravách bylo zařízení vyzkoušeno a měřeno v provozních podmínkách.

Nové zařízení navržené na základě experimentálních výsledků je navrženo na patentově-právní ochranu.

Abstract

DOSPIVA PETR, Innovative methods of solving flow disturbances in the emptying of silo, VŠB – Technical university of Ostrava, Institute of Transportation, Dissertation, Advisor: prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

The issue of handling bulk materials occurs in a variety of industries. In engineering practice it often leads to disorders of the smooth flow of transported material. The topic of the thesis is to design equipment that will minimize these adverse effects. It deals with passive and active forms of new extensions that combine passive and active element. The introductory part of the paper summarizes basic information on mechanical and physical properties of bulk materials, describes the stress states and explains the basic mechanisms of flow in bins and silos. It describes and analyzes of failures in flow tanks. The following is a description of the newly designed internals to improve the flow of bulk materials in the silo.

The experimental part is supported by the measurements on new dwellings. Measurements were carried out in laboratory conditions and the necessary adjustments to the equipment were tested and measured in operating conditions.

The new device designed on the basis of experimental results will be proposed to the patent-law protection.

OBSAH:

1. Úvod.....	6
2. Cíle disertační práce	6
3. Teorie toku sypkých hmot	6
3.1 Teorie toku sypké hmoty dle Kvapila	7
3.2 Teorie základních mechanismů toků dle Zegzulky	8
3.2.1 Pístový mechanismus toku	9
3.2.2 Plášťový mechanismus toku	9
4. Mechanizmy toku v zásobnících a sílech.....	11
4.1 Hmotový tok	11
4.2 Jádrový tok.....	13
5. Zhodnocení současného stavu zásobníků v technické praxi	15
6. Poruchy toku v zásobnících.....	15
7. Inovativní metody řešení poruch toku sypkých hmot	15
7.1 Úvod do problematiky.....	15
7.2 Návrh a funkce nových typů vestaveb jejich uložení do zásobníků	16
7.2.1 Návrh pasivních prvků nové generace.....	16
7.2.2 Vestavby do zásobníků s iniciátory pohybu	17
8. Ověření poznatků pomocí laboratorních měření	18
8.1 Jenikeho smykového stroje	18
8.2 Popis měřicího standu.....	19
8.3 Měření výtoku materiálu ze zásobníku osazeného pasivním prvkem	20
8.3.1 Měření vybraných parametrů pro talířovou vestavbu	21
8.3.2 Měření vybraných parametrů pro kuželovou vestavbu s vibračním pohonem	21
8.4 Měření chování vestavby na provozním zařízení	21
9. Závěr	22
10.Použitá literatura a internetové zdroje.....	23
11.Seznam vlastních publikací	25

Seznam použitých symbolů a značek

a	rozměr čtvercového výpustného otvoru ze zásobníku	[m]
b	šířka obdélníkového výpustného otvoru ze zásobníku	[m]
D	průměr výpustného otvoru	[m]
f_L	tangenta úhlu vnitřního tření pro pístový tok	[-]
f_V	tangenta úhlu vnitřního tření pro plášťový tok	[-]
g	gravitační (tíhové) zrychlení	[m·s ⁻²]
h	výška materiálové vrstvy	[m]
H_D	výška dynamické klenby	[m]
H_S	výška statické klenby	[m]
k_L	koeficient sypnosti pro pístový mechanismus toku	[-]
k_V	koeficient sypnosti pro plášťový mechanismus toku	[-]
m	hmotnost	[kg]
N_w	normálová síla	[N]
O	obvod výpustného otvoru ze zásobníku	[m]
R	hydraulický poloměr	[m]
S	plocha výpustného otvoru	[m ²]
Sw	smyková síla	[N]
v_x, v_y	složky rychlosti pohybu el. krychle ve směru souřadnic x a y	[m·s]
Z_L	koeficient pístového mechanismu toku	[m ⁻¹]
Z_V	koeficient plášťového mechanismu toku	[m ⁻¹]
ψ_s	statický sypný úhel skladovaného materiálu (sypké hmoty)	[°]
κ	poměr smykové a normálové síly	[-]
ν	úhel vnějšího tření skladovaného materiálu se stěnou zásobníku	[°]

1. Úvod

Problematika manipulace se sypkými hmotami se vyskytuje v nejrůznějších odvětvích průmyslu např. těžebním a stavebním průmyslu, v hornictví, energetice, v zemědělství, v potravinářském průmyslu, v průmyslu chemickém a farmaceutickém, apod. Je tedy zřejmé, že k procesům tak širokého spektra sypkých látek jsou zapotřebí náročná zařízení s dokonalou mechanizací a automatizací.

Návrhy takových zařízení by měly vycházet ze spolehlivých projekčních podkladů, které respektují dosavadní znalosti teoretické i praktické mechaniky sypkých hmot.

V technické praxi se velmi často stává, že zařízení jsou navrhována bez teoretických podkladů pouze na základě empirických vztahů, případně pouze podle zkušeností. Zařízení navrhována tímto způsobem často plní špatně svou funkci, jsou neefektivní nebo úplně selhávají.

2. Cíle disertační práce

Cílem doktorské práce je najít nové inovativní metody řešení poruch toku sypkých hmot ze zásobníku. Jedná se o hledání optimálního tvaru pasivního prvku z hlediska vztahu sypká hmota – napěťové stavy – konstrukční řešení pasivního prvku.

S ohledem na složitost problematiky a široké spektrum sypkých hmot je záměr rozložen do několika časových etap tak, aby bylo vysledováno, laboratorně i prakticky prověřeno co nejvíce informací.

1. Vytvoření inovativního řešení optimalizace toku sypkých hmot ze zásobníku v závislosti na mechanicko-fyzikálních vlastnostech sypkých hmot.
2. Ověření nalezených řešení na laboratorním zařízení, vytvoření laboratorního modelu.
3. Provedení měření napěťových stavů na konstrukci pasivního prvku v laboratorním zařízení.
4. Měření výtokové rychlosti na laboratorním zařízení.
5. Měření úhlu vnitřního a vnějšího tření na Jenikeho smykovém stroji.
6. Měření chování vestavby na provozním zařízení.
7. Optimalizace navržených řešení v závislosti na naměřených hodnotách.

3. Teorie toku sypkých hmot

Pod pojmem tok sypkých hmot se rozumí jakýkoliv pohyb sypké hmoty, ať už vzhledem ke skladovacímu zařízení, tak i v tělese sypkého materiálu vůbec. Teorie toku sypkých hmot je poměrně složitá a odborná veřejnost se dosud neshodla na obecné platnosti některé z mnoha různých hypotéz.

3.1 Teorie toku sypké hmoty dle Kvapila

Přibližně od roku 1955 intenzivně zveřejňuje své dlouholeté práce Dr. Ing. Rudolf Kvapil. Tyto práce jsou stále aktuální a velmi často citovány i v současných odborných dílech jako zdroj základních informací.

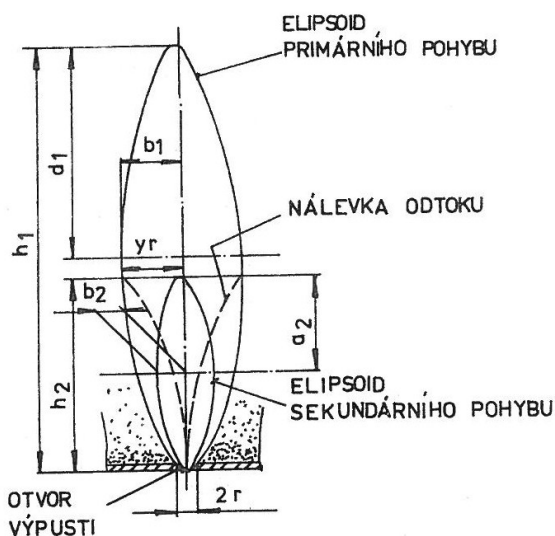
Přestože se především jedná o práci experimentátorskou a výsledky nejsou analyticky popsány, jsou postupy vyhodnocení a názory autora převzaty bez výhrady.

Dle Kvapila mohou jednotlivé částice ve společnosti ostatních částic tvořících sypkou nebo balvanitou hmotu vykonávat v podstatě dvojí pohyb:

1. pohyb primární
2. pohyb sekundární

Primární pohyb se vyznačuje tím, že má svislého směru. Na to má vliv složka vlastní hmotnosti částice a tlak shora. Zrno vykonávající primární pohyb nemění podstatně své postavení, pokud je hodnoceno podle průběhu imaginárních os vedených tělesem zrna. Pro primární pohyb je příznačné, že jej vykonává celé společenství zrn současně.

Sekundární pohyb konají ty částice, které kromě základního, primárního pohybu mají svůj samostatný pohyb, při němž se zcela mění poloha imaginárních os vedených tělesem zrna. Zrno se při tomto pohybu může vychylovat, otáčet, překlápět, aniž sleduje pohyb sousedního zrna, i když tento pohyb má na ně částečný vliv.



Obr. 3.1 Elipsoid primárního a sekundárního pohybu dle Kvapila [1]

Hodnotilo-li se celé společenství částic tvořících sypkou hmotu, která vykonala primární pohyb, bylo shledáno, že primární pohyb způsobuje zředění – nakypření sypké hmoty ve svislém směru. Na druhé straně pohyb sekundární umožňuje sblížení částic a zmenšování jejich vzájemné vzdálenosti ve vodorovném směru a tím způsobuje vodorovné zhuštění sypké hmoty.

Na základě velmi četných zkoušek bylo zjištěno, že objem elipsoidu primárního pohybu V_I je zhruba patnáctkrát větší než objem elipsoidu sekundárního pohybu V_{II} .

Lze tedy napsat že

$$V_I = 15 \cdot V_{II} \quad (1)$$

Rozptyl naměřených hodnot kolem jedné patnáctiny, udaný v procentech objemu elipsoidu sekundárního pohybu, byl nejvýše 5% a nejméně 4%.

Tvar elipsoidu, který můžeme charakterizovat jeho výstředností, se mění značně podle vlastností sypké hmoty. Z dosavadních poznatků vyplývá, že největší význam má úhel vnitřního tření. Přitom se však setkáváme se značnými obtížemi, neboť stanovit úhel vnitřního tření je velmi obtížné. Podle nových poznatků z mechaniky zemin je totiž prokázáno, že úhel vnitřního tření je jiný než úhel přirozeného sklonu. [1, 7, 8, 9]

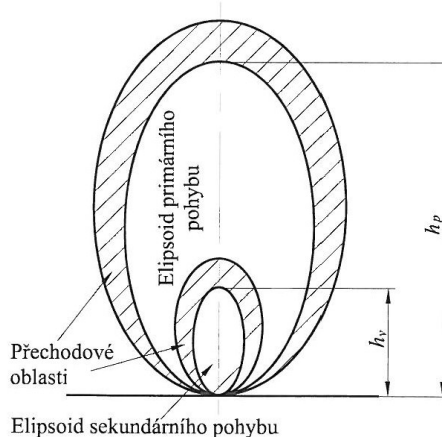
3.2 Teorie základních mechanismů toků dle Zegzulky

Tlakové poměry ve skladovacích zařízeních sypkých hmot jsou složité a z toho vyplývá, že i tokové poměry jsou neobyčejně komplikované. Základní představa toku sypkých hmot je založena na mechanismu vtoku materiálu do výpustného otvoru.

Nechť existují dva poloprostory oddělené pevnou hranicí. V poloprostoru s vyšší potenciální energií je sypký materiál. Vznikne-li v rozhraní mezi poloprostory otvor, vtéká sypká hmota do druhého poloprostoru a nad výpustným otvorem se vytvoří tzv. vtokový kužel. Úhel povrchu vtokového kužele se může měnit v rozsahu $0 \div 90^\circ$, na okrajích intervalu v podstatě přechází kužel ve válec. V těchto mezních případech se vyvíjejí základní mechanismy toku, které jsou popsány v následujících odstavcích. Existuje mnoho mechanismů toku, podívejme na dva základní mechanismy toku sypké hmoty.

V praxi v zásobníku nastávají při toku dva základní rozdílné mechanismy toku sypké hmoty – pístový a plášťový.

V každé oblasti s rozvinutým mechanismem toku se částice pohybují jiným charakteristickým pohybem. Zatímco v oblasti primárního pohybu, kde se částice pohybují pístovým mechanismem toku, je charakteristický pohyb translační, oblast sekundárního pohybu – oblast plastového mechanismu, je charakteristická translačně rotačním pohybem částic (obr. 3.2). Hranice oblastí rozvinutých mechanismů toků by měly ležet na izoliniích kinetického potenciálu. Tvary oblastí teoreticky jsou kulové (pascalovský průběh tlaku), elipsoidní (rankinovský průběh tlaku) anebo i otevřené (tlaky dle Jansseny).



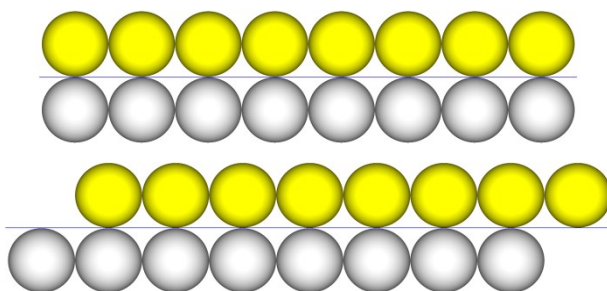
Obr. 3.2 Tokové profily nad výpustným otvorem [1]

Přechody mezi oblastmi různých mechanismů toku jsou, z hlediska poruch toku, kritickými místy. Pokud z nějakého důvodu částice nemá dostatek energie k přechodu z jednoho mechanismu pohybu do druhého, tok se zastaví. Poruchy toku v přechodové oblasti primárního elipsoidu se dají

nazvat statickou klenbou. Poruchy při přechodu do translačního a rotačního pohybu na hranici sekundárního elipsoidu jsou označovány pojmem dynamická klenba. [1]

3.2.1 Pístový mechanismus toku

Pístový mechanismus toku je charakterizován vtokem částic do podstavy válce, kdy do podstavy vtékají bloky částic současně translačním pohybem. Úhel površky vtokového kužele $\gamma = 0^\circ$. Pístový mechanismus toku je charakterizován dle obr. 3.3.



Obr. 3.3 Schematické znázornění pístového mechanismu toku [1]

V jednotlivých příkladných situacích je popisován pohyb vrstvy částic přesunem mezi dvěma výchozími polohami a sledování jedné částice při změně její polohy v prostoru z výchozí do nové polohy. Ostatní částice jsou zde brány buď jako tuhá tělesa vymezující trajektorii pohybu této jedné konkrétní sledované částice (pístový mechanismus toku), nebo jako tuhá tělesa, která musí uvolnit svou polohu pohybující se částici. Dráhové relace jsou pak brány jako míra ztrátové práce.

Technicky je možné znázornit tento mechanismus toku částic jako vtok desek vytvořených z částic do výpustného otvoru.

Pomocí pístového mechanismu toku lze na základě spotřebované práce určit výšku statické klenby v zásobníku. Z porovnání kinetických a potenciálních energií lze určit koeficient pístového mechanismu vtoku:

$$Z_L = \frac{Dk_L f_L}{2S} \quad (2)$$

a určit výšku lamelárního proudového pole (výšku statické klenby)

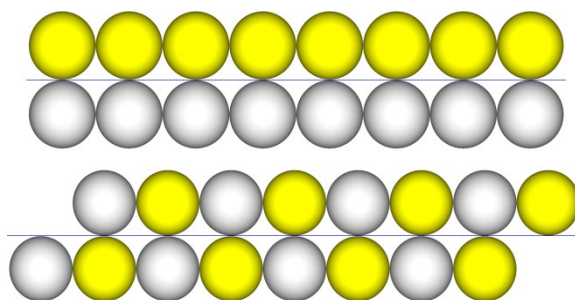
$$h_L = \frac{1}{Z_L} \quad (3)$$

kde je

- D průměr výpustného otvoru
- S plocha výpustného otvoru
- f_L koeficient vnitřního tření pro pístový mechanismus toku
- k_L součinitel sypanosti pro pístový mechanismus toku

3.2.2 Plášťový mechanismus toku

Plášťový mechanismus toku je charakterizován vtokem částic do pláště válce. Úhel površky vtokového kužele $\gamma = 90^\circ$. Částice okolo válce vtláčí vrstvu částic na plášti dovnitř a zaujmou její původní polohu na plášti tohoto válce. Plášťový mechanismus toku je charakterizován dle obr. 3.4.



Obr. 3.4 Schematické znázornění plášťového mechanismu toku [1]

V jednotlivých příkladných situacích je popisován přesun jedné částice mezi dvěma výchozími polohami při změně její polohy v prostoru vůči okolním částicím. Okolní částice jsou potom brány jako tuhá tělesa, která musí uvolnit svou polohu pohybující se částici.

Pomocí plášťového mechanismu toku lze na základě spotřebované práce určit výšku dynamické klenby v zásobníku. Z porovnání kinetických a potenciálních energií lze určit koeficient plášťového mechanismu vtoku:

$$Z_V = \frac{Dk_Vf_V}{2S} \quad (4)$$

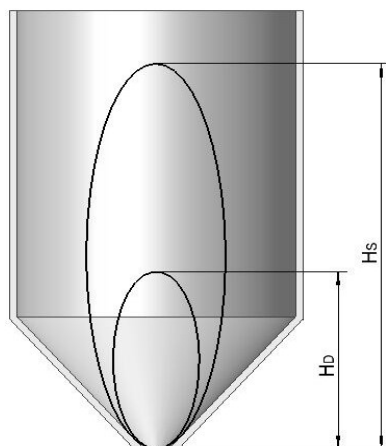
a určit výšku vtláčovacího proudového pole (výšku dynamické klenby)

$$h_V = \frac{1}{Z_V} \quad (5)$$

kde je

- D průměr výpustného otvoru
- S plocha výpustného otvoru
- f_V koeficient vnitřního tření pro plášťový mechanismus toku
- k_V součinitel sypnosti pro plášťový mechanismus toku [1]

Na obrázku 3.5 je znázorněna závislost polohy statické a dynamické klenby jako funkce velikosti výpustného otvoru D a úhlu vnitřního tření φ_e .



Obr. 3.5 Výška statické a dynamické klenby

4. Mechanizmy toku v zásobnících a silech

Tok sypké hmoty v zásobníku je velmi komplikovaná závislost a záleží na mnoha parametrech (vlastnostech) jak sypké hmoty, tak na tvaru zásobníku.

Jak bylo prezentováno v předchozí kapitole, nejčastěji se v zásobnících vyskytují dva druhy materiálových toků sypké hmoty. Provozně nejvýhodnější je **hmotový tok** a pro provoz méně výhodný je **jádrový tok**.

Hmotový tok označuje takový stav, kdy je v pohybu celý objem skladovaného materiálu. Jednotlivé vrstvy sypké hmoty protékají rovnoměrně celým průřezem zásobníku, čímž je zachována časová posloupnost skladovaného materiálu, jinými slovy materiál, který je do zásobníku nasypán jako první, jej také jako první opouští.

Protikladem hmotového toku je tok jádrový, tj. tok, kdy materiál neprotéká rovnoměrně celým průřezem zásobníku, ale pouze jeho jádrem. Zde dochází k situaci, že vrstva nasypaná do zásobníku jako první, jej opouští jako poslední.

Zásobníky s režimem hmotového toku sypké hmoty mají ve srovnání se zásobníky s jádrovým tokem řadu výhod:

1. Projektovaná kapacita skladovacích zařízení je využita v plném rozsahu.
2. Nedochozí ke stárnutí materiálu, či degradaci. V případě vlhkých hořlavých materiálů nedochází k záparům a požárům. V případě potravinářského průmyslu nedochází k jeho znehodnocení.
3. Problémy spojené se segregací a degradací materiálu jsou eliminovány.
4. Nedochozí k tvorbě „mrtvých zón“, jejichž růst může způsobit vznik provozních poruch spočívajících v úplném zastavení toku materiálu.
5. Funkce hladinových čidel (sond v zásobníku) není ovlivněna vlivy „mrtvých zón“.

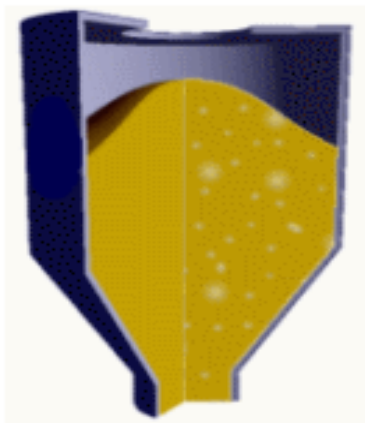
Na druhé straně mezi nevýhody hmotového toku patří například relativní pohyb materiálu vůči stěnám zásobníku, který způsobuje opotřebení stěn a degradaci skladovaného materiálu. Vrstva, která při jádrovém toku stojí u stěn, také tlumí rázy a pulzace toku materiálu a rozkládá tlakové špičky.

4.1 Hmotový tok

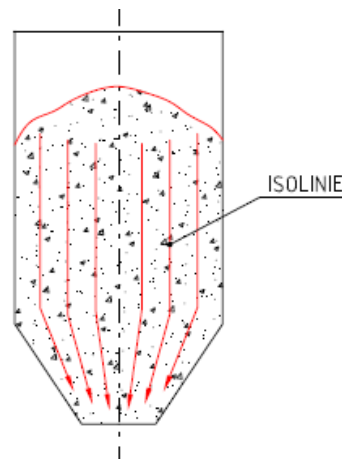
Jedná se o nejideálnější pohyb sypké hmoty v zásobníku. Jednotlivé vrstvy materiálu tvoří izolinie (křivky stejného napětí), které jsou v průběhu vyprazdňování neustále rovnoběžné.

Při otevření výsypného otvoru se veškerý materiál uvede do pohybu a začne klouzat po stěnách. Tyto zásobní silnice se vyznačují poměrně strmými a hladkými stěnami výsypky, kdy sklon stěn výsypky od vertikální stěny, je v rozmezí 15° až 25°. Hmotový tok sypké hmoty je charakterizován tím, že vrstvy materiálu odtékají v pořadí nasypávání, viz obrázky č. 4.1 a 4.2.

Splnění podmínky vzniku hmotového toku sypké hmoty ze zásobníku je závislé na tvaru zásobníku, tvaru stěn, materiálu stěn zásobníku a především na úhlu vnitřního tření skladované hmoty.



Obr. 4.1 Hmotový tok sypké hmoty



Obr. 4.2 Průběh izolinií při hmotovém toku [2]

Dosažení hmotového toku materiálu viz obrázek 09, je vázáno rovněž na dobu skladování a dobu otevření, či uzavření a velikosti výsypaného otvoru.

Definiční podmínky hmotového toku dle Jenikeho:

Všechny oblasti zásobníku jsou v pohybu. Vyjádřením průběhu rychlostí a zavedením této podmínky lze dostat rovnici omezující hmotový tok [6]:

$$F(\theta) = \exp\left(-3 \int_0^\theta \tan 2\psi^* d\theta\right) \quad (6)$$

kde je

- ψ^* úhel, který svírá směr většího hlavního napětí se souřadnicí r
- θ úhlová souřadnice sférického souřadného systému

Veličina $F(\theta)$ je normalizovaný rychlostní profil:

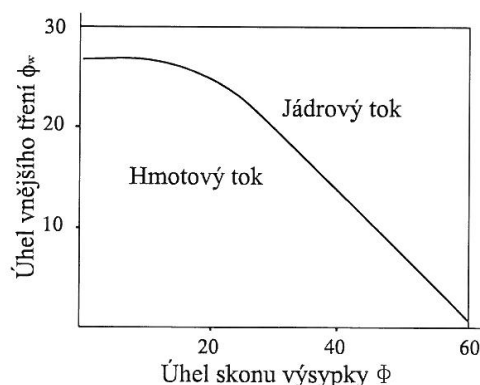
$$F(\theta) = \frac{v_r(\theta)}{v_r(0)} \quad (7)$$

Z rovnice vyplývá, že podmínka hmotového toku je funkcí úhlu sklonu výsypky zásobníku a úhlu vnějšího tření stěny výsypky (tokové vlastnosti sypké hmoty zde jsou chápány jako neovlivnitelné). Nastavení tokových režimů zásobníku se zužující se výsypkou je možné volbou těchto dvou charakteristik.

Úhel sklonu výsypky je při návrhu výsypky zcela volný, ovlivňuje však výšku zásobníku při dané kapacitě, je proto snahou dosahovat co nejmenších sklonů výsypek. Vnější tření je funkcí použitých materiálů – zatímco skladovaná sypká hmota je považována za neměnitelnou, je jediná možnost změna charakteristik stěny výsypky. Existuje mnoho materiálů různých vlastností, které se používají na obkládání stěn zásobníku.

Na obr. 4.3 je vykresleno řešení rovnice (6) pro jeden materiál konkrétního úhlu vnitřního tření. Mezní křivka dle rovnice (6) odděluje oblast, která splňuje podmínky hmotového toku, od oblasti odpovídající jádrovému toku.

Tento graf se používá při běžném návrhu sklonu výsypky pro hmotově tekoucí zásobníky. [4, 6].



Obr. 4.3 Mezní křivka mezi hmotovým a jádrovým tokem

Podmínka hmotového toku dle Zegzulky.

Při toku sypké hmoty výpustným otvorem v rovinném rozhraní, vytvářejí se tokové profily ve tvaru elipsoidu. Vně elipsoidu primárního pohybu je materiál ve stavu klidu, tuto oblast označujeme pojmem mrtvá zóna, nebo v pohybovém stavu zvaném propadání vrstev. Na druhé straně ve vnitřní oblasti elipsoidu výpustného otvoru dochází k pohybu materiálu. Mrtvá zóna je oblastí v klidu, nepředává tedy žádnou energii, a tedy nemá na vytvořené tokové profily vliv. Muže tak být beze změny nahrazena stěnou zásobníku, jejíž smykové vlastnosti odpovídají stojícímu materiálu; větší tření na stěně nedává smysl.

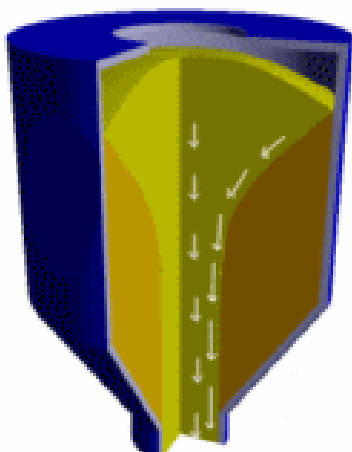
Dá se tedy říci, že pokud bude hraniční plocha primárního elipsoidu toku nahrazena stěnou zásobníku, pak uvnitř zásobníku v celém jeho objemu dojde k toku skladované sypké hmoty. Tvar elipsoidu primárního povrchu je kritériem hmotového toku. [14]

4.2 Jádrový tok

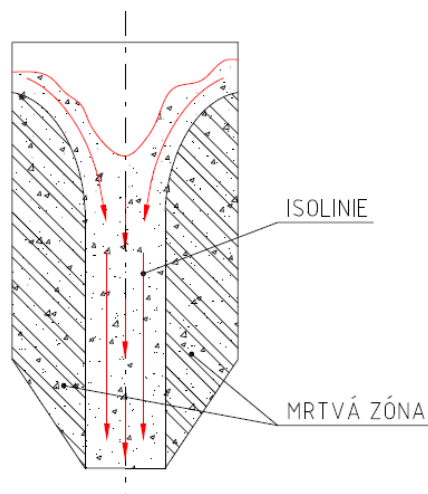
Pokud je šikmá stěna sila nevhodně řešená – s malým sklonem nebo drsná, objeví se zde jádrový tok. Jádrový tok sypké hmoty je charakterizován tím, že první nasypaná vrstva sypké hmoty odtéká ze zásobníku sila jako poslední a tok probíhá především v oblasti nad výpustným otvorem, viz obrázky č. 4.4 a 4.5.

V případě jádrového toku sypké hmoty dochází ke vzniku nežádoucích tzv. mrtvých zón, tj. oblastí bez pohybu. Při vyprazdňování ze zásobníku je první v pohybu sypká hmota, která je umístěna více nebo méně nad výpustným otvorem. Sypká hmota přiléhající na stěny sila zůstává v klidu a nazýváme ji mrtvou nebo nepohybující se zónou. Sypká hmota přiléhající na stěny sila se uvede do pohybu teprve, až se k ní přiblíží hladina. Částice sypké hmoty sklouznou po povrchu do středu zásobního sila a pak tekoucím jádrem se dostanou do výpustného otvoru.

Stává se, že tuto tzv. mrtvou zónu uvolníme až po úplném vyprázdnění sila. Mrtvá zóna může dosáhnout hladiny plnění. Zásobní sila s tímto jádrovým tokem mají značné nevýhody. Může zde docházet k velké segregaci při vysypávání. Nevyprazdňuje - li se celé zásobní silo během provozu, stává se, že některé přiléhající vrstvy materiálu v mrtvé zóně se mohou zhutnit, nalepit na stěny zásobníku nebo případně jinak znehodnotit. U těchto zásobních sil lze výpočtem stanovit velikost výpustného otvoru, aby nedocházelo ke tvorbě klenby, nebo ke vzniku tzv. středního tunelu.

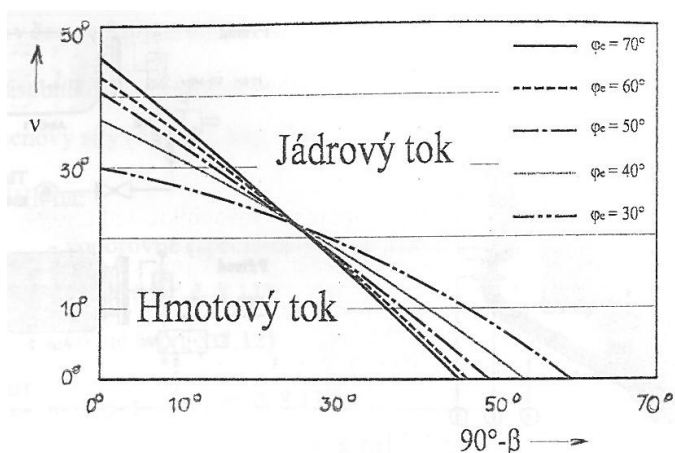


Obr. 4.4 Jádrový tok sypké hmoty



Obr. 4.5 Průběh izolinií při hmotovém toku [2]

V praxi se často stává, že velikosti výpustných otvorů jsou u zásobníků s jádrovým tokem poddimenzovány. Toto je příčinou mnoha kleneb a jejich zhroucení působí velké rázy v zásobních silech, což rovněž může být důsledkem mnoha havárií. I přes nevýhody, které zde byly popsány, se tyto zásobníky hlavně v těžkém průmyslu nejvíce vyskytují.



Obr. 4.6 Graf závislosti mechaniko-fyzikálních parametrů sypké hmoty na sklonu stěny zásobníku. [2]

Pomocí grafu na obrázku č. 4.6 lze pro konkrétní sypkou hmotu navrhnout takový tvar zásobníku, aby syká hmota při vyprazdňování tekla pouze hmotovým tokem.

Jednotlivé křivky grafu jsou zpracovány pro syké hmoty s úhlem vnitřního tření φ_c 30, 40, 50, 60 a 70°. Na svislé ose grafu se nachází úhel vnějšího tření, na vodorovné ose se nachází úhel sklonu šikmé stěny zásobníku od svislé osy.

5. Zhodnocení současného stavu zásobníků v technické praxi

V technické praxi se vyskytují zásobníky všech uvedených typů. Ne vždy je však tvar zásobníku navržen s ohledem na mechanicko-fyzikální vlastnosti skladované sypké hmoty a tedy správně. Špatně navržený zásobník pak způsobuje vážné provozní potíže a prostoje technologické linky.

Z důvodu požadavku na snížení investičních nákladů se velmi často setkáváme s podmínkou provozovatele na využití stávajících zásobníků. Nejčastěji se jedná o požadavek na zvýšení objemu výroby, při požadavku finálního zákazníka na jiné vlastnosti dopravované suroviny (např. požadavek na změnu zrnitosti), nebo při celkové změně výrobního programu. Stávající zásobníky byly původně určeny pro sypkou hmotu se zcela jinými mechanicko-fyzikálními vlastnostmi nebo pro zcela odlišný materiál. Použití takových zásobníků v nové technologii bez příslušného posouzení a úprav je riskantní a je velmi pravděpodobné, že se bude jednat o jeden z hlavních zdrojů poruch.

V těchto případech je nutno určit mechanicko-fyzikální vlastnosti nově dopravované sypké hmoty, posoudit stávající stav a tvar zásobníků a navrhnout taková opatření, která v maximální míře povedou ke správné funkci zásobníku, zabrání vzniku klenby v zásobníku a zajistí plynulé plnění a vyprazdňování zásobníku.

6. Poruchy toku v zásobnících

Vlivem špatného návrhu zásobníku z neznalosti mechanicko-fyzikálních parametrů sypkých hmot nebo při nesprávně provedené rekonstrukci se často stává, že dochází ke vzniku poruch toku při procesu vynášení ze zásobníku.

Typickými problémy, které se mohou vyskytnout při manipulaci se sypkými materiály, jsou následující:

- Klenbování
- Vznik středových komínů
- Nepravidelný tok
- Segregace
- Dlouhá doba skladování

Všechny zmíněné problémy se můžou vyskytnout v zásobnících, pokud zde dochází k jádrovému toku sypké hmoty.

Odstranění těchto poruch je obvykle nesnadné a finančně velmi nákladné.

7. Inovativní metody řešení poruch toku sypkých hmot

7.1 Úvod do problematiky

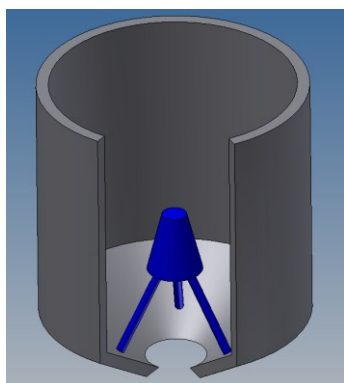
Práce je zaměřena na získání nových poznatků z oblasti toku sypkých hmot ze zásobníků. Všechny poruchové stavy toku materiálu ze zásobníku, např. tvorba kleneb, dutin a komínů, mají negativní vliv na provoz technologických zařízení a zapříčiňují jak ekonomické ztráty tak jsou příčinou mnoha pracovních úrazů.

Chování pasivních prvků z hlediska výtokové rychlosti a s tím souvisejících poruch dosud nebylo zkoumáno. Na základě provedených měření je možno provést návrh tzv. pasivních a aktivních vestaveb do zásobníku nové generace. Tyto vestavby umožní optimalizaci toku sypké hmoty ze zásobníku především z hlediska zabránění poruchových stavů.

Práce se bude skládat z návrhu optimálního tvaru a polohy pasivního prvku v zásobníku a provedení měření na laboratorním a provozním zařízení. Laboratorní měření bude prováděno v Laboratoři sypkých hmot. Laboratoř sypkých hmot disponuje nejmodernějšími přístroji k měření mechanicko-fyzikálních vlastností sypkých hmot a sofistikovanými měřicími standy k určování chování sypkých hmot na dopravních cestách.

7.2 Návrh a funkce nových typů vestaveb jejich uložení do zásobníků

U zásobníků válcových s plochým dnem nebo u zásobníků (sil) s malou tloušťkou stěny je nemožné umístit úložnou konstrukci pro uchycení pasivního prvku do stěn zásobníku. V těchto případech bude nutno pasivní prvek umístit na speciální konstrukci ukotvenou na dno zásobníku, případně bude kotvena na základový věnec válcového zásobníku.

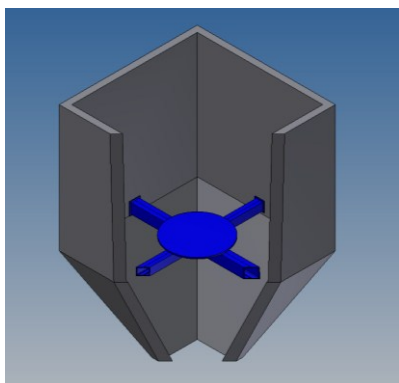


Obr. 7.1 Pasivní prvek uložený na konstrukci ve válcovém zásobníku

7.2.1 Návrh pasivních prvků nové generace

Funkci pasivního prvku v zásobníku může v některých případech plnit i plochý kotouč umístěný na nosné ocelové konstrukci. Na kotouči se ze skladovaného materiálu vytvoří kužel se sklonem povrchu dle jeho sypného úhlu.

Tento pasivní prvek je ekonomicky velmi výhodný. Jelikož však na kotouči zůstává zbytek dopravovaného materiálu, je zcela nevhodný pro materiály podléhající degradaci (v potravinářském průmyslu, farmacii, ...)



Obr. 7.2 Pasivní prvek – plochý kotouč v zásobníku

7.2.2 Vestavby do zásobníků s iniciátory pohybu

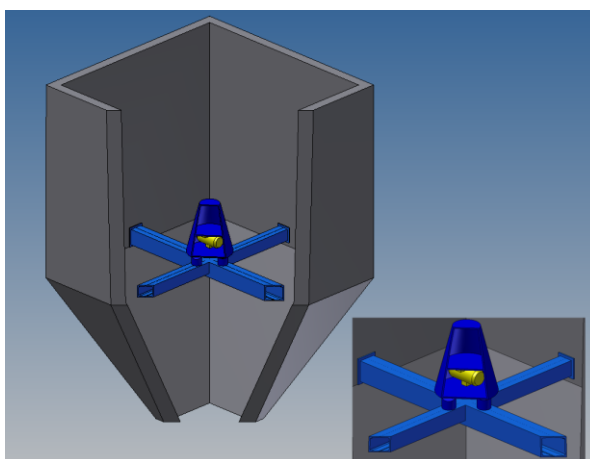
V případě dlouhodobého skladování sypké hmoty v zásobníku může dojít k její zhutnění („slehnutí“). Při procesu vynášení je pak funkce pasivního prvku nedostatečná a dopravované hmotě musí být dodána energie, která uvede skladovanou hmotu do pohybu.

Aktivní vestavby umístěné do vnitřního prostoru zásobníku mohou být obdobných tvarů jako pasivní prvky. Prvky jsou však uloženy na nosné konstrukci pomocí pružných členů (např. silenbloků) nebo jsou v zásobníku zavěšeny na laněch a jsou doplněny o zařízení, které udělí dopravované hmotě potřebnou energii (např. vibrační motory, excentry, ...).

Na následujících obrázcích jsou naznačeny některé z možných vestaveb s iniciátory pohybu. Technická praxe však nabízí různé kombinace a modifikace popsanych způsobů. Příklady vestaveb do zásobníků s iniciátory:

- **Kuželová nebo jehlanová vestavba s vibromotorem**

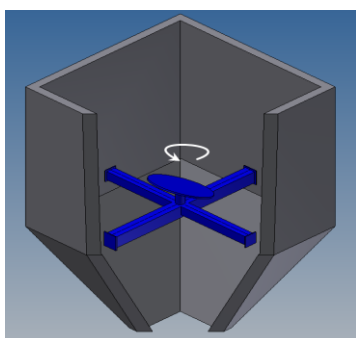
Jehlanová nebo kuželová vestavba je obdobné konstrukce jako pasivní prvek dle obr. 28, vestavba je ale uložena na nosné ocelové konstrukci pomocí pružných členů, ve vnitřní části vestavby je umístěn vibromotor. Při přerušení toku je spuštěn vibromotor, který naruší pevné vazby mezi částčkami materiálu (viz obr. 7.3). Zařízení je sice pro případné opravy špatně dostupné, ale při rekonstrukci stávajících betonových zásobníků se často může jednat o jediné možné řešení.



Obr. 7.3 Vestavba v zásobníku s vibračním motorem

- **Otočný kotouč**

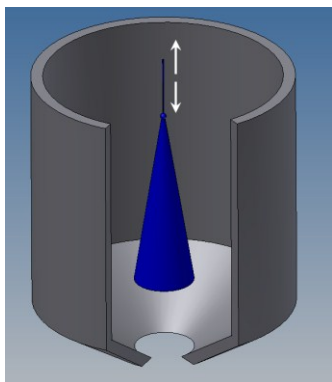
Plochý kotouč je uložen na nosné konstrukci pomocí ložiska a je nakloněn od vodorovné roviny. Při iniciaci pohybu dojde k otočení skloněného kotouče kolem vertikální osy (viz obr. 7.4).



Obr. 7.4 Vestavba v zásobníku s otočným diskem

▪ Posuvná vestavba

Vestavba může mít tvar vysokého jehlanu nebo kužele a může zasahovat i do celkové výšky zásobníku. Prvek je zavěšen na táhle nebo nosném laně. Při iniciaci pohybu dojde k přizvednutí vestavby v ose zásobníku směrem nahoru. Do původní polohy se vestavba dostane společně s materiálem proudícím ze zásobníku (viz obr. 7.5). Spoj mezi vestavbou a táhlem by měl vždy být nad maximální hladinou skladované hmoty v zásobníku.



Obr. 7.5 Posuvná vestavba v zásobníku s táhlem

S ohledem na přítomnost velkých tahových sil v prvku uchycení vestavby (řetěz, táhlo, ...) je pravděpodobné, že tento typ vestavby je použitelný pouze u relativně malých zásobníků v oblasti farmacie nebo potravinářství.

8. Ověření poznatků pomocí laboratorních měření

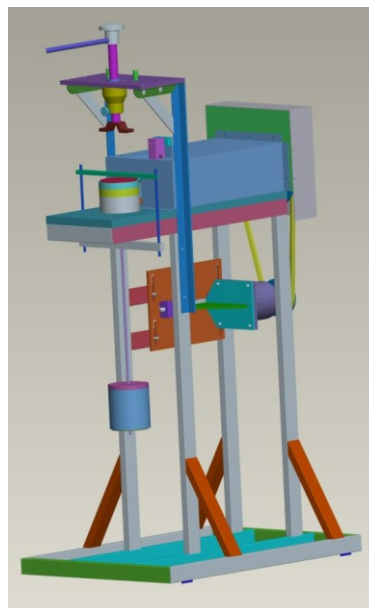
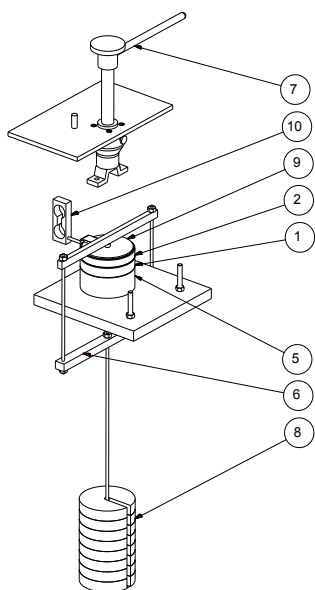
Při práci bylo využito zařízení Laboratoři sypkých hmot VŠB TU Ostrava.

Měření úhlů vnitřního a vnějšího tření bylo prováděno na Jenikeho smykovém stroji. Měření výtokových rychlostí a napěťových stavů na konstrukci pasivního prvku bylo prováděno na měřícím standu.

8.1 Jenikeho smykového stroje

Na obr. 7.6 je zobrazeno uspořádání smykového stroje pro měření úhlu vnitřního tření. Smyková síla S_w se přenáší pomocí víka, pozice (9) na sypký materiál a smykový kroužek. Smykový kroužek (se 2) se sybkým materiálem a smykové víčko (9) se posunuje jako celek a v průběhu smykové zkoušky se tento celek přesune z jedné polohy do polohy druhé, kdy smykový kroužek (2) je přesazen oproti misce o sílu stěny kroužku. Přitom se sypký materiál usmýkne v rovině mezi miskou a kroužkem, a vytvoří se smyková zóna. Dynamometrický hrot (10) se pohybuje konstantní rychlostí cca 1 mm/min a proto časový záznam síly S_w je současně záznam závislosti smykové síly S_w na posuvu / smykového kroužku.

Do smykové cely se nasype měřený materiál, předepsaným postupem se upraví hustota vzorku. Vlastnímu procesu měření úhlu vnitřního tření předchází proces konsolidace vzorku sypkého materiálu. Proces konsolidace se týká pouze měření pro vyhodnocení úhlu vnitřního tření a dalších mechanicko – fyzikálních vlastností vyjma úhlu vnějšího tření. Po ukončení konsolidace je vzorek zatížen normálnou silou N_w . Při určování velikosti normálové síly N_w je nutno do této zahrnout váhu závaží, váhu smykového víčka, smykového kroužku a i váhu sypkého materiálu nad rovinou smyku, neboť celá tato váha působí na sypký materiál ve smykové zóně.



Obr. 8.1 Měření úhlu vnitřního tření a model Jenikeho smykového stroje

8.2 Popis měřicího standu

Stand se skládá ze dvou základních částí:

1. Univerzální měřicí platforma – je tvořena dřevěnou konstrukcí šestihranného tvaru vyrobenou z tvrdého dřeva (dub). Spodní a horní část základny je potažena ocelovými pásy (je okovaná). Spodní část je osazena třemi tenzometrickými měřicími podpěrami, které slouží ke kontinuálnímu snímání úbytku hmotnosti. Na horní část platformy je možno osadit jakékoliv zařízení ke zkouškám.
2. Zkušební zásobník – je tvořen ocelovým válcem o vnitřním průměru 600 mm a výšce 1000 mm, tloušťka stěny je 0,4 mm. Spodní část zásobníku je osazena přírubou, ke které je možno přišroubovat různá dna s výpustnými otvory různých tvarů. Dále je zásobník osazen přírubou s deskovým uzávěrem k uzavření sypké hmoty v zásobníku. Nohy zásobníku jsou tvořeny čtyřmi ocelovými tyčemi, jež slouží k celkovému zpevnění pláště. Mezi spodní částí nohy a přírubou uzávěru budou umístěny tlačné pružiny k vybuzení vlastní frekvence sypké hmoty. Pomocí matic bude možno nastavovat tuhost této soustavy.

Možnosti využití měřicího standu:

- Měření vlastní výtokové frekvence sypké hmoty.
- Měření výtokové rychlosti.
- Měření změn napěťových stavů sypké hmoty v relaci s pláštěm nádoby.
- Měření změn napěťových stavů cizích předmětů a konstrukcí v sypké hmotě.



Obr. 8.1 Měřicí stand v Laboratoři sypkých hmot, VŠB TU Ostrava



Obr. 8.3 Záznam naměřených hodnot na PC v Laboratoři sypkých hmot, VŠB TU Ostrava

8.3 Měření výtoku materiálu ze zásobníku osazeného pasivním prvkem

Jedná se o soubor měření na laboratorním zařízení, jehož cílem je popsat chování sypké hmoty během výtoku a popsat koleraci vztahů mezi sypkou hmotou, zásobníkem a pasivním prvkem tak, aby se optimalizovalo chování sypkých hmot z hlediska výtokové rychlosti, předcházelo poruchovým stavům a dokázalo predikovat napěťové stavy na vnořených konstrukcích.

Validační měření bylo provedeno pro zásobník bez vestavby a jako referenční materiál byly použity skleněné kuličky o průměru 4 mm.



Obr. 8.4 Skleněné kuličky (Preciosa Ornela, a.s.)

Pro měření byla vyrobena základní nosná konstrukce na třech podpěrách, na kterou byly postupně uchyceny dvě vestavby základní vestavby:

1. pasivní prvek – plochý kotouč
2. pasivní prvek – kuželová vestavba
3. kuželová vestavba s aktivním prvkem - vibromotorem

Na měřicím standu bylo následně provedeno:

- základní měření na zásobníku bez vnitřní vestavby
- měření napěťových stavů na konstrukci vestaveb v laboratorním zařízení.
- měření výtokové rychlosti na laboratorním zařízení.

Jako měřicí materiál byly použity skleněné kuličky o průměru 4 mm, plastové čočky, tříděná černouhelná struska a řepka olejška.

Při měření byla snímána výtoková rychlost a mechanické veličiny na vestavbě a nosné konstrukci.

8.3.1 Měření vybraných parametrů pro talířovou vestavbu

Do laboratorního měřicího zařízení byla vložena talířová vestavba. Talířová vestavba byla ve zkušebním zásobníku umístěna vodorovně v jeho ose. Úložná konstrukce byla umístěna tak, aby nezasahovala do válcové části zkušebního zásobníku.



Obr. 8.5 Talířová vestavba před montáží do měřicího zásobníku a v průběhu měření

8.3.2 Měření vybraných parametrů pro kuželovou vestavbu s vibračním pohonem

Do laboratorního měřicího zařízení byla vložena vestavba kuželového tvaru, ve které byl umístěn vibrační motor. Úložná konstrukce byla umístěna tak, aby nezasahovala do válcové části zkušebního zásobníku.



Obr. 8.6 Kuželová vestavba s vibračním pohonem v měřicím zásobníku před a v průběhu měření

8.4 Měření chování vestavby na provozním zařízení

Měření bylo prováděno na zásobnících společnosti TryMat s.r.o., Paskov. Společnost vyrábí tryskáckou směs ATM[®] pro tryskání ocelových konstrukcí před provedením nátěrů (povrchové ochrany). Surovina pro výrobu ATM[®] je tavná struska produkovaná při spalování černouhelného prachu ve výtavných ohništích (poloredukční atmosféra, teplota kolem 1 500°C) elektrárenských kotlů. Při těchto teplotách se z hornin a popelovin vytvoří tavenina (struska), která vytéká z ohniště v polotekutém stavu. Po prudkém schlazení vodou a kontrakci vzniká granulovaná sklovina.

V technologické lince se nachází 14 válcových zásobníků průměru 2 500 a 3 280 mm s kuželovým dnem a kruhovým výpustným otvorem.



Obr. 8.7 Provozní zásobníky na cement, vápno a drcenou strusku v areálu společnosti.
[Dospiva, 2011]

Již v průběhu Ph.D. studia jsem byl osloven firmou TryMat s.r.o. k řešení některých technologických uzlů na výše popsané lince. Při následném provozu jsme se setkali s problémem poruch toku v zásobnících, které měli za následek výpadek výroby. Tyto poruchy se projevovaly především klenbováním sypké hmoty nad výpustným otvorem. Pravděpodobná příčina těchto poruch je malý sklon stěn výsypky, kontaktní materiál a mechanicko-fyzikální vlastnosti sypké hmoty. Využil jsem této spolupráce a dohodl jsem se s představiteli této firmy, že navrhnu řešení optimalizace toku sypké hmoty ze zásobníku. Na základě závěrů laboratorních testů byl navržen, vyroben a do vybraného provozního zásobníku instalován pasivní prvek – plochý kotouč.



Obr. 10.16 Pasivní prvek před montáží do zásobníku a v průběhu zkoušek [Dospiva, 2011]

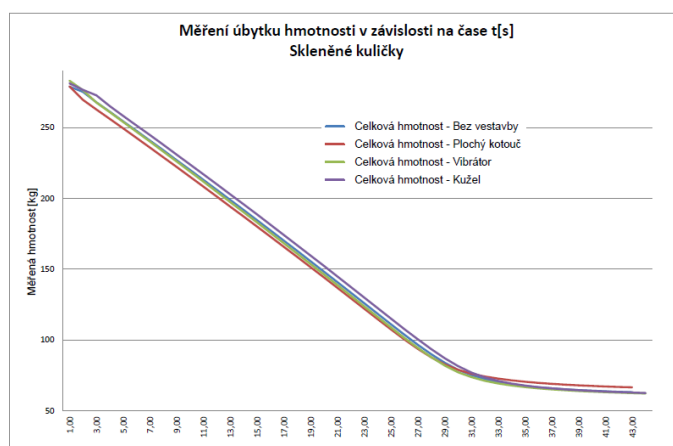
Během provozních zkoušek bohužel muselo z technologických důvodů dojít k úpravám technologické linky. Linka prošla rekonstrukcí, došlo k výměně vynášecího dopravníku a na výpust ze zásobníku byl instalován vynášecí turniket. Jak jsem již uvedl v Tezích má doktorské práce, měl jsem v úmyslu provést sadu měření na tomto zásobníku, kdy bych zkoumal chování sypké hmoty během toku ze zásobníku a předpokládané měření výtokové rychlosti ze zásobníku. Tato rekonstrukce a mi takové to měření založené na spontánním výtoku materiálu ze zásobníku neumožnilo provést.

Došlo pouze k namontování navržené vestavby a vizuálnímu posouzení chování sypkých hmot. V průběhu provozování zásobníku s vestavbou se prokázal příznivý vliv vestavby na rovnoměrnost toku dopravovaného materiálu. Došlo k zrovnoměnění toku materiálu při vynášení a odstranění pulzací při dávkování do odměrné nádoby. Během provozu již nedochází ke klenbování materiálu. Tento jev je zcela jistě přínosem jak pro celou konstrukci sila, tak pro kontinuitu dodávky. Na základě těchto zkušeností provozovatel uvažuje o umístění vestaveb stejného druhu i do ostatních zásobníků.

9. Závěr

Táto práce je souborem názorů, interpretací a postupů v oblasti problematiky řešení poruch toku sypkých hmot při vynášení ze zásobníku. Vývojové tendence naznačují, že veškerá technická řešení i technologie jsou silně závislá na úrovni vědy v oblasti nových materiálů a nových tvarů. Jde především o vývoj nových materiálů používaných jako intaktní plochy mezi sypkou hmotou a zásobníkem. Dále se jedná o nové technologie pro zpracování a dopravu sypkých hmot.

Na Jenikeho smykovém stroji a laboratorním měřícím standu byly provedeny čtyři sady měření výtokových rychlostí s různými sypkými materiály.



Obr. 9.1 Souhrnný graf měření pro skleněné kuličky

Na základě provedených měření byla zvolena, jako nejvhodnější pro provozní měření, pasivní vestavba s plochým kotoučem. Následně byl proveden návrh velikosti a umístění vestavby do provozního zásobníku v technologické lince společnosti TryMat s.r.o.

Za neúspěch lze považovat skutečnost, že nabyla realizovaná měření výtokové rychlosti v provozních podmínkách. Porovnání hodnot zjištěných při provozním a laboratorním měření by umožnilo ještě lépe doladit tvar a umístění vestavby v provozním zásobníku a zvýšilo by kvalitu disertační práce. Měření však budou pokračovat na laboratorním standu pro jiné komodity a na základě výsledků z nových měření budou provedeny finální korektury tvaru vestavby ještě před uvedením výrobku na trh.

S ohledem na skutečnost, že praktické výsledky z provozu technologické linky ukazují na pozitivní vliv vestavby na plynulost toku strusky ze zásobníku, si dovoluji tvrdit, že laboratorní měření byla provedena správně a podařilo se dostatečně nasimulovat provozní podmínky. Dodatkovým pozitivním jevem při provozování zásobníku s vestavbou je zrovnoměnění zrnitostního složení dopravovaného materiálu a eliminace segregace, ke které občas, i když výjimečně, docházelo.

Na základě provedených měření byly provedeny první korekce tvarů navržených zařízení a v současné době probíhá marketingový průzkum a je vypracovávána podrobná výrobní dokumentace pro nasazení v technické praxi. Dále jsou prováděny potřebné kroky pro zajištění patentové ochrany nových výrobků.

10. Použitá literatura a internetové zdroje

- [1] Zegzulka J.: Mechanika sypkých hmot, VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2004, ISBN 80-248-0699-1
- [2] Polák J., Slíva A.: Dopravní a manipulační zařízení III. Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0963-X
- [3] Pešat Z.: Manipulace s materiálem v hutích, VŠB-TU Ostrava, 1992, ISBN 80-7078-107-6
- [4] Jenike, A. W.: Gravity of bulk solids. Bulletin of the University of Utah, No. 108, Salt Lake City, 1961
- [5] Novosad, J.: Mechanika sypkých hmot, Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, 1983
- [6] Nedderman, R. M.: Statics and Kinematics of Granular Materials. Cambridge University Press, 1992, ISBN 0-521-40435-5
- [7] Kvapil R.: Teorie toku sypkých a balvanitých hmot v zásobnících, SNTL, Praha 1955
- [8] Kvapil R.: Výsypky a zásobníky pro balvanitý materiál, SNTL, Praha 1955
- [9] Kvapil R.: Zásobníky na nesypeké hmoty, SNTL, Praha 1957
- [10] Enstad, G., G.: A Novel Theory on the Arching and Doming in Mass Flow Hoppers. Doct. Thesis, Bergen, 1981
- [11] Horák, Z., Krupka, F.: Fyzika. SNTL Praha, 1981
- [12] Strusch, J., Schwedes, J.: The Use of Slice Element Methods for Calculating Insert Loads. Bulk Solids&Handling No. 3, 1994
- [13] Schulze, D.: Silos – Design Variants and Special Types. Bulk Solids& Handling No. 16, 1996
- [14] Zegzulka, J.: Vliv mechanicko-fyzikálních vlastností sypkých hmot na konstrukci dopravních, úpravnických a skladovacích zařízení. Habilitační práce. VŠB – TU Ostrava, 1999
- [15] Zegzulka, J. Nečas, J.: Information system in bulk solids, NANO '02 –National Conference, Brno, 2002, ISBN 80-7329-027-8
- [16] Куликов В. В.: Выпуск руды, Издательство «Недра», 1980
- [17] Kříž, R., Vávra, P.:Strojírenská příručka, Scientia s.r.o., Praha 1993
- [18] www.vsb.cz
- [19] www.hbm.cz
- [20] www.beltplast.cz
- [21] www.rpsostrava.cz
- [22] www.mosasolution.com
- [23] www.preciosaornela.com

11. Seznam vlastních publikací

Seznam vydaných příspěvků a publikací:

1. Ing. Petr Dospiva: Vakový dopravník, konference Partikulární hmoty 1998, Ostrava, Česká republika
2. Ing. Petr Dospiva, Ing. Vladimír Vašíček, Ing. Josef Sláchal, CSc.: MP 1.5.6 Technologická zařízení staveb. Stavby na poddolovaném území, Metodická pomůcka k činnosti autorizovaných osob, Praha, redakční uzávěrka 30. 11. 2006, ISBN 80-87093-10-0

Seznam prací předaných k publikaci:

1. Ing. Petr Dospiva: Inovativní metody řešení poruch toku při vynášení biopaliv ze zásobníků, 6. ročník medzinárodnej konferencie, Briketovanie a peletovanie, Bratislava, Slovenská republika
2. Ing. Vlastimil Řepka, Ph.D., Ing. Petr Dospiva, Ing. Monika Řepková: Možnosti využití kalů z odkališť Nowa Ruda a Jopek ve Walbrzychu, Současnost a perspektiva těžby a úpravy nerudných surovin V., Ostrava, Česká republika
3. Ing. Petr Dospiva, Ing. Jan Nečas, Ph.D.: Řešení poruch toku jemnozrnného uhlí při vynášení ze zásobníků, Současnost a perspektiva těžby a úpravy nerudných surovin V., Ostrava, Česká republika

Poděkování

Je mi ctí poděkovat panu prof. Ing. Jiřímu Zegzulkovi za inspirující připomínky a odborné vedení po celou dobu mého studia. Dále chci poděkovat Ing. Janu Nečasovi Ph.D. a všem pracovníkům Laboratoře sybkých hmot za pomoc při provádění laboratorních měření.

Velké poděkování patří vedoucím pracovníkům společnosti TryMat s.r.o. za možnost provedení měření v technické praxi.

Všem těmto patří můj srdečný dík.

CURRICULUM VITAE

Osobní údaje:

Jméno: Ing. Petr Dospiva
Datum narození: 2. 10. 1963
Telefon: +420 604 534 865
E-mail: petr.dospiva@rpsostrava.cz



Dosažené vzdělání:

1968 – 1977 Základní devítiletá škola, Ostrava
1977 – 1981 Střední průmyslová škola strojní, Kopřivnice
1981 – 1986 Vysoká škola báňská, fakulta strojní a elektro, Ostrava

Praxe:

1986 – 2001 Vítkovice, a.s. Ostrava; konstruktér, projektant, HIP
2001 – dosud RPS Ostrava a.s.; technický ředitel divize úprava surovin

Technické znalosti a dovednosti:

Osvědčení: Autorizace dle zákona č. 360/1992 Sb., obor: technologická zařízení staveb, členské číslo 1101090
Osvědčení o odborné způsobilosti dle §4 písm. e) vyhlášky ČBÚ č. 298/2005 Sb., ve znění vyhlášky ČBÚ č. 240/2006 Sb. – báňský projektant
Software: MS Office (Word, Excel, Power Point, ...), MS Project, Auto CAD, Inventor

Jazykové znalosti:

ruština, angličtina, polština (pasivně)

Mimopracovní aktivity:

ČKAIT člen výboru, oblastní kancelář Ostrava, Moravskoslezský kraj
člen rady pro podporu profese